



(19) RU (11) 2130113 (13) C1

(51) 6 E 21 B 35/00

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ к патенту Российской Федерации

1

(21) 97116327/03

(22) 24.09.97

(46) 10.05.99 Бюл. № 13

(72) Алексеев Юрий Сергеевич (UA), Брилев Юрий Петрович (UA), Дорошкевич Владимир Константинович (UA), Заволока Александр Николаевич (UA), Ковалев Борис Александрович (UA), Конюхов Станислав Николаевич (UA), Межуев Николай Николаевич (UA), Нода Александр Алексеевич (UA), Свириденко Николай Федорович (UA), Сенькин Владимир Сергеевич (UA), Христьян Владимир Иванович (UA)

(71) (73) Нода Александр Алексеевич (UA), Свириденко Николай Федорович (UA)
(56) Повзик Я.С. и др. Пожарная тактика. - М.: Стройиздат, 1990, с.230. Пожар потушить пожаром. Изобретатель и рационализатор. - 1990, N 9, с.19. SU 237772 A, 09.07.69. SU 725675 A, 08.04.80. SU 856464 A, 25.08.81. SU 1139829 A1, 15.02.85. Радковский В.Р. и др. Оборудование и

2

инструмент для предупреждения и ликвидации фонтанов. Справочник. - М.: Недра, 1966, с.247-257.

(98) 320055, Украина, Днепропетровск, ул.Титова, 21-56, Свириденко Николаю Федоровичу

(54) СПОСОБ ТУШЕНИЯ ПОЖАРА ГАЗОВОГО И НЕФТЯНОГО ФОНТАНА И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

(57) Изобретение относится к пожарной технике и может быть использовано для тушения пожаров газовых и нефтяных фонтанов. Способ заключается в совместной струйной транспортировке инертных газов, например продуктов сгорания и капель хладагента в зону горения со скоростью с числом Маха не менее 3, обеспечивающей с безопасного расстояния срыв пламени и охлаждение зоны горения до температуры, меньшей точки воспламенения истекающего

RU

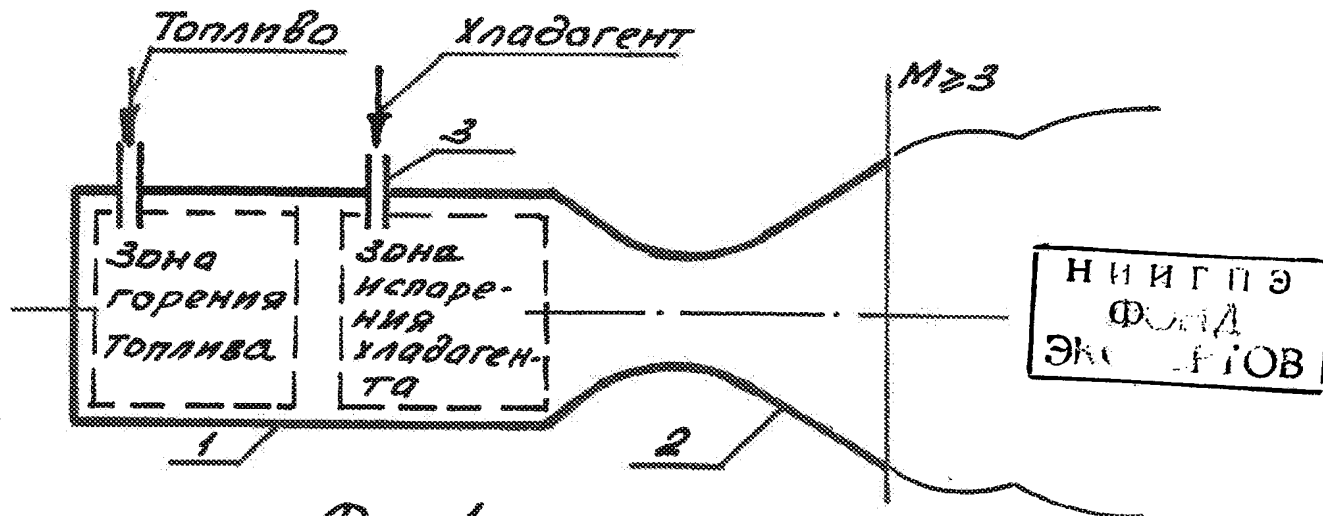
2130113

C1

C1

2130113

RU



Фиг. 1

иск: "Нода Александр Алексеевич; Свириденко Николай Федорович"
publ. datum: (46) 10 May 1999

из скважины продукта. Устройство для реализации способа содержит камеру сгорания и сопло Лавала. Камера сгорания выполнена в виде камеры сгорания ракетного двигателя с форсунками для подачи хладагента, расположенными внутри камеры сгорания со стороны сопла вне зоны горения. Кроме того, внутри камеры сгорания установлена разделительная мембрана в виде дозвуковой части сопла Лавала, отделяющая

зону сгорания от форсунок для подачи хладагента. Использование сверхзвуковой струи для транспортировки инертных продуктов сгорания и капель хладагента в зону горения факела обеспечивает увеличение дальности струи и за счет этого повышение эффективности тушения пожара и значительное увеличение пожаротушающего действия. 2 с. и 5 з.п.ф.-лы, 2 ил.

Изобретение относится к области тушения пожаров, а именно к способам и средствам тушения нефтяных и газовых скважин, и может быть использовано для повышения эффективности тушения газовых и нефтяных фонтанов с большим дебитом.

Известны способы тушения пожаров, основанные на дозвуковой струйной транспортировке в зону горения капельной жидкости - хладагента, например воды (см. Пожарная тактика / Повзик Я.С., Клюсс П.П., Матвейкин А.М. - М.: Стройиздат, 1990. с. 227...229). Подача капельного хладагента в зону пожара способствует снижению температуры в зоне горения ниже точки воспламенения. Устройство для реализации указанных способов содержит дозвуковое сопло, формирующее струю хладагента.

Однако эти способы и устройства малоэффективны, особенно при тушении газовых и нефтяных фонтанов с большим дебитом в условиях интенсивного теплоподвода, поскольку не обеспечивают необходимую дальность струй, при которой с безопасного расстояния можно сорвать пламя и снизить температуру в зоне горения ниже точки воспламенения.

Известны способы тушения пожаров, основанные на дозвуковой струйной транспортировке в зону горения инертных газов, в частности, выхлопных газов (см. Пожарная тактика / Повзик Я.С., Клюсс П.П., Матвейкин А.М. - М.: Стройиздат, 1990, с. 229...232).

Их введение в зону горения приводит к снижению концентрации паров горячей жидкости или горящего газа и кислорода, что, в конечном итоге способствует снижению температуры в зоне горения ниже точки воспламенения.

Установка для реализации указанных способов содержит дозвуковое сопло, формирующее струю инертного газа. Устройство, использующее в качестве инертного газа выхлопные газы, содержит также камеру сгорания газотурбинного двигателя.

Однако эти способы и устройства также малоэффективны по указанной выше причине.

Наиболее близким аналогом заявляемого способа, выбранным в качестве прототипа, является способ тушения пожара в нефтяной или газовой скважине, реализованный в устройствах пожарных автомобилей АГВТ (см. Пожарная тактика / Повзик Я.С., Клюсс П.П., Матвейкин А.М. - М.: Стройиздат, 1990, с. 230) и включающий

генерирование дозвуковой струи инертного газа, подачу в нее воды и последующую совместную транспортировку инертного газа и капель воды в зону горения.

Общими существенными признаками известного и заявляемого способов являются генерирование инертного газа, формирование его направленного движения в виде струи и совместная струйная транспортировка инертного газа и хладагента капельной жидкости в зону горения.

При реализации способа-прототипа направленное движение инертного газа осуществляется в виде дозвуковой струи, характеризующейся низкой дальностью, не обеспечивающей возможность срыва пламени и снижения температуры в зоне горения ниже значения, соответствующего точке воспламенения горючего вещества. Кроме того, введение хладагента в струю после окончания ее разгона приводит к дополнительному торможению потока инертного газа и, как следствие, к уменьшению дальности струи.

Наиболее близким аналогом заявляемого устройства, выбранным в качестве прототипа, является устройство для тушения пожара, содержащее баллон с горючим газом, камеру сгорания и сопло Лаваля, формирующее сверхзвуковую струю газа (см. Пожар потушить пожаром // Изобретатель и рационализатор. - 1990. - № 9. - с. 19). Тушение пожара указанным устройством осуществляется за счет дополнительного выжигания кислорода в зоне пожара объемом $\approx 5 \cdot 10^3 \text{ м}^3$ при подаче в нее горящего газа и, как следствие, балластированию зоны пожара инертными продуктами сгорания газа.

Общими существенными признаками известного и заявляемого устройств являются наличие камеры сгорания и соединенного с ней сопла Лаваля, обеспечивающего формирование сверхзвуковой струи газа, подаваемого в зону пожара. Однако эффективность тушения пожара известным устройством весьма низка, ввиду наличия явления "вовлечения турбулентным диффузионным факелом в зону горения гораздо больших объемов (на 400% больше), чем требуется для простого сгорания горючей жидкости или газа" (см. Драйздел Д. Введение в динамику пожаров. - М.: Стройиздат, 1990, с. 137). Кроме того, известное устройство, способствуя дополнительному выжиганию кислорода в зоне пожара, способствует повышению температуры в зоне пожара, что, с учетом изложенного выше, обуславливает сущест-

венное снижение эффективности пожаротушения.

В основу изобретения поставлена задача усовершенствования способа тушения пожаров нефтяных и газовых фонтанов, в котором введением нового режима движения струи инертного газа с хладагентом достигается увеличение ее дальности до значения, обеспечивающего с безопасного расстояния срыв пламени и снижение температуры в зоне горения ниже точки воспламенения и, следовательно, повышение эффективности тушения пожара.

В основу изобретения поставлена также задача усовершенствования устройства для тушения пожара, в котором конструктивным выполнением камеры сгорания и расположением форсунок для введения хладагента обеспечивается увеличение дальности истекающей струи инертного газа с хладагентом и за счет этого повышается эффективность тушения пожара.

Поставленная задача решается тем, что в способе тушения пожара газового и нефтяного фонтана, заключающемся в совместной струйной транспортировке инертного газа и капель хладагента в зону горения, согласно изобретению транспортирующий поток инертного газа струйного истечения разгоняют до сверхзвуковой скорости с числом Маха ≥ 3 и срывают факел.

Кроме того, хладагент предварительно, до сверхзвукового ускорения, испаряют и смешивают с потоком транспортирующего инертного газа.

Кроме того, в транспортирующий поток инертного газа вводят частицы твердой фазы.

Значение скорости истечения парогазовой смеси v_0 выбирают не меньшим значения v_0 удовлетворяющего соотношению

$$\frac{10,7}{c_0^2} v_0^2 \left[\frac{0,96}{2av_{cp}} - \frac{10,7}{c_0} \right] v_0 - \frac{x_0}{2} \sqrt{\frac{\pi \rho_0}{m}} v_0^{1/2} + \left[16,7 - \frac{0,29}{2a} \right] = 0, \quad (1)$$

где c_0 - скорость звука в смеси в начальном сечении струи.

$a = 0,076$ - коэффициент структуры турбулентной струи;

v_{cp} - минимальная скорость струи, обеспечивающая срыв факела;

x_0 - расстояние, на котором скорость струи уменьшается до значения, меньшего v_{cp} ;

ρ_0 - плотность смеси в начальном сечении струи;

\dot{m} - массовый расход смеси.

После срыва факела уменьшают начальную скорость транспортирующего потока инертного газа до значения, соответствующего числу Мах M , не меньшему 1,1.

Поставленная задача решается также тем, что в устройстве для тушения пожара, содержащем камеру сгорания и сопло Лавала, согласно изобретению камера сгорания выполнена в виде камеры сгорания ракетного двигателя с форсунками для подачи хладагента, которые расположены внутри камеры сгорания со стороны сопла вне зоны сгорания топлива.

Кроме того, камера сгорания выполнена также с разделительной диафрагмой в виде дозвуковой части сопла Лавала, отделяющей зону сгорания топлива ракетного двигателя от форсунок хладагента.

Наличие в предлагаемом устройстве камеры сгорания в виде камеры сгорания ракетного двигателя обеспечивает возможность достижения скорости истечения инертного газа (продуктов сгорания) v_0 не меньшей значения, удовлетворяющего соотношению (1), в том числе соответствующей значению $M \geq 3$. При этом обеспечивается возможность ввода в транспортирующий поток инертного газа (продуктов сгорания) частиц твердой фазы путем выбора топлива соответствующего состава. Кроме того, выполнение камеры сгорания ракетного двигателя с форсунками для подачи хладагента, которые расположены внутри камеры сгорания со стороны сопла вне зоны сгорания топлива, а также выполнение камеры сгорания с разделительной диафрагмой в виде дозвуковой части сопла Лавала, отделяющей зону сгорания топлива ракетного двигателя от форсунок хладагента, позволяет осуществить предварительное, до сверхзвукового ускорения, испарение и смешивание хладагента с потоком транспортирующего инертного газа, а также, после срыва факела, - уменьшение начальной скорости транспортирующего потока инертного газа до значения, соответствующего числу Маха $M \geq 1,1$, обеспечивая, таким образом, реализацию предлагаемого способа. Это позволяет сделать вывод, что предлагаемые изобретения связаны между собой настолько, что они образуют единый изобретательский замысел и, следовательно, требование единства изобретения выполняется.

В отличие от прототипа в предлагаемом способе тушения пожара газового или нефтяного фонтана транспортирующий поток инертного газа струйного истечения ускоряют до сверхзвуковой скорости с числом Маха

$M \geq 3$, при этом хладагент предварительно (до сверхзвукового ускорения) испаряют и смешивают с потоком транспортирующего инертного газа. Такой существенный отличительный признак способа, как разгон транспортирующего потока инертного газа до сверхзвуковой скорости с числом Маха не менее 3, достаточен во всех случаях, на которые распространяется испрашиваемый объем правовой охраны. Остальные отличительные признаки характеризуют изобретение лишь в частных случаях.

Ускорение транспортирующего потока инертного газа струйного истечения до сверхзвуковой скорости $v_n > v_0$ (с числом Маха M не менее 3) позволяет обеспечить срыв пламени пожара нефтяной или газовой скважины с большим дебитом с безопасного расстояния ($\geq 110-130$ м).

Предварительное, до сверхзвукового ускорения, испарение и смешивание хладагента с потоком транспортирующего инертного газа позволяет хладагенту в парообразном состоянии преодолеть сверхзвуковой участок струи, что значительно снижает сопротивление потоку и приводит к возрастанию дальнобойности струи. При этом введение частиц твердой фазы в транспортирующий поток (в виде, например, конденсатной фазы продуктов сгорания твердого ракетного топлива) ускоряет процесс конденсации паров транспортируемого хладагента, обеспечивая его доставку в виде капель в зону горения, что обеспечивает эффективное снижение температуры в очаге пожара. Уменьшение начальной скорости транспортирующего потока инертного газа после срыва факела до значения, соответствующего числу Маха M , не меньшему 1,1, позволяет при минимальном массовом расходе газа обеспечить с безопасного расстояния снижение температуры в зоне горения ниже точки воспламенения. Таким образом, отличительные признаки заявляемого способа в совокупности с другими существенными признаками обеспечивают увеличение дальнобойности струи и, следовательно, повышение эффективности тушения пожара газового или нефтяного факела.

Сопоставительный анализ заявляемого устройства тушения пожара с прототипом показывает, что оно имеет следующие отличительные признаки:

а) камера сгорания выполнена в виде камеры сгорания ракетного двигателя с форсунками для подачи хладагента, которые расположены внутри камеры сгорания со стороны сопла вне зоны сгорания топлива;

б) камера сгорания выполнена с разделительной диафрагмой в виде дозвуковой части сопла Лавала, отделяющей зону сгорания топлива ракетного двигателя от форсунок хладагента. Отличительные признаки а) являются достаточными во всех случаях, на которые распространяется испрашиваемый объем правовой охраны, а остальные - характеризуют изобретение лишь в частных случаях.

Выполнение камеры сгорания в виде камеры сгорания ракетного двигателя с форсунками для подачи хладагента, которые расположены внутри нее со стороны сопла вне зоны сгорания топлива, позволяет обеспечить скорость истечения парогазовой смеси v_n , не менее значения, удовлетворяющего соотношению (1) и соответствующего числу Маха M не менее 3, а также ввод в транспортирующий поток частиц твердой фазы - продуктов сгорания ракетного топлива. При этом осуществляется предварительное, до сверхзвукового ускорения, испарение и смешивание хладагента с потоком инертного газа, а также, после срыва факела, уменьшение начальной скорости потока до значения, соответствующего числу Маха M , не меньшему 1,1. При этом обеспечивается с безопасного расстояния срыв пламени и снижение температуры в зоне горения ниже точки воспламенения. Выполнение камеры сгорания с разделительной диафрагмой в виде дозвуковой части сопла Лавала, отделяющей зону сгорания топлива ракетного двигателя от форсунок хладагента, позволяет исключить влияние распыла и испарения хладагента на процесс сгорания ракетного топлива, что, в свою очередь, позволяет обеспечить стабильность характеристик (дальнобойности, прежде всего) струи. Таким образом, выполнение устройства с описанной выше конструкцией камеры сгорания позволяет осуществить эффективный разгон и транспортировку смеси инертного газа и капель хладагента в зону пожара со скоростью, обеспечивающей срыв пламени и охлаждение зоны горения до температуры ниже точки воспламенения фонтана с расстояния, существенно превышающего аналогичные показатели прототипа, что расширяет функциональные возможности устройства.

Сущность предлагаемого изобретения поясняется рисунками, где на фиг. 1 изображено устройство тушения пожара, а на фиг. 2 - то же устройство с разделительной диафрагмой в виде дозвуковой части сопла Лавала.

Устройство тушения пожара (фиг. 1) содержит камеру сгорания 1, выполненную в виде камеры сгорания ракетного двигателя, и сопло Лавала 2. Внутри камеры сгорания выделена зона, в которой происходит горение топлива, а также зона, где осуществляется испарение и смешение хладагента, подаваемого через форсунку 3, с потоком выхлопных газов.

Устройство, представленное на фиг. 2, содержит, кроме того, разделительную мембрану 4, выполненную в виде дозвуковой части сопла Лавала, отделяющей зону горения топлива от зоны испарения и смешения хладагента.

Предложенный способ реализуется следующим образом.

В поток газа, например выхлопных газов ракетного двигателя, образующихся в зоне горения топлива (см. фиг. 1, 2), вводят для совместной струйной транспортировки в зону пожара хладагент-капельную жидкость, не поддерживающую горения, например воду, после чего поток разгоняют, например, используя сопло Лавала, до сверхзвуковой скорости с числом Маха M не менее 3. Такое ускорение потока обусловлено следующими причинами.

В кн. (Мамиконянц Г.М. Тушение пожаров мощных газовых и нефтяных фонтанов. - М.: Недра, 1971) отмечается, что наиболее мощные пожары нефтяных скважин имеют дебит $\geq 1500 - 2000$ т/сутки, а газовых - $\geq 10^6$ м³/сутки (считая, что 1 т нефти эквивалентна 1000 м³ газа). Такие пожары характеризуются значительным тепловыделением в окружающую среду (тепловой радиацией), которое определяет безопасное расстояние для размещения пожарной техники и личного состава пожарных подразделений. В этой же работе приведены графики для определения безопасного расстояния в зависимости от дебита скважин, определенные из условия предельного, с точки зрения возникновения болевого ощущения при действии радиации на незащищенную кожу, теплового потока $Q=0,42$ кВт/м², откуда следует, что для мощных пожаров указанных выше дебитов скважин безопасное расстояние составляет 110-130 м. Известно (см. там же), что тушение столь мощных пожаров не удастся осуществить только подачей хладагента в зону горения ввиду интенсивного теплоподвода.

Эффективным методом тушения является срыв пламени. Сущность явления срыва пламени заключается в том, что с увеличением скорости потока равновесное положение

фронта пламени сдвигается по потоку. Свежая паровоздушная горючая смесь по мере удаления претерпевает все более сильное разбавление за счет взаимной диффузии со сносимым потоком. Скорость горения такой смеси уменьшается пропорционально степени ее разбавления и при некоторой критической скорости потока, превышающей скорость горения, струя на мгновение прерывается, а пламя отбрасывается вверх и отрывается от нее. Для оценки скорости, при которой происходит отрыв пламени, может быть использовано соотношение (см. Михеев В.П. Газовое топливо и его сжигание. - М.: Недра, 1966):

$$v_{ср} = 100d^{1/3}, \quad (2)$$

где d - начальный диаметр струи фонтана.

Анализ конкретных данных по изменению характера пламени и при увеличении скорости горящей струи показывает, что подъем и срыв диффузионных пламен происходит в диапазоне скоростей 80-100 м/с. Расчет (в широком диапазоне варьируемых параметров) позволил установить, что указанные значения срывных скоростей с расстояния безопасного удаления (110-130 м) могут быть обеспечены при использовании сверхзвуковых струй, генерируемых типичными маршевыми ракетными двигателями твердого или жидкого топлива, при этом на срезе сопла двигателя должна обеспечиваться скорость истечения v_n , соответствующая числу Маха M , не меньшему 3.

Известно (см. Черный Г.Г., Газовая динамика. - М.: Наука, 1988), что капли жидкости, находящиеся в сверхзвуковом потоке, оказывают на него значительное тормозящее действие. Поэтому является целесообразным, чтобы хладагент, преодолевая сверхзвуковой участок струи в виде пара, т.е., с минимальным сопротивлением. Этой цели служит предварительное, до сверхзвукового ускорения, испарение хладагента и смешивание его с потоком транспортирующего инертного газа.

Введение в транспортирующий поток инертного газа частиц твердой фазы ускоряет процесс конденсации хладагента за сверхзвуковым участком, по мере расширения струи и уменьшения температуры в ней, поскольку частицы выполняют роль центров (зародышей) конденсации. При этом обеспечивается капельная транспортировка хладагента в зону горения, что, очевидно, повышает эффективность пожаротушения.

Рассматриваемая сверхзвуковая струя на основном участке распространения является турбулентной. Для определения основных характеристик турбулентных струй можно

воспользоваться следующими соотношениями. Осевая скорость v дозвуковой струи связана с другими ее параметрами соотношением (см. Михеев В.П. Газовое топливо и его сжигание. - М.: Недра, 1966);

$$v = v_0 \frac{0,96}{\frac{ax}{R_0} + 0,29}, \text{ м/с, (3)}$$

где x - расстояние вдоль струи;

R_0 - начальный радиус струи.

Откуда

$$x = \frac{R_0}{a} \left[\frac{0,96v_0}{v} - 0,29 \right]. \quad (4)$$

В рассматриваемом случае сверхзвуковой струи правая часть соотношения (4) должна быть дополнена членом $x_{св}$, равным длине ее сверхзвукового участка.

$$x = x_{св} + \frac{R_0}{a} \left[\frac{0,96v_0}{v} - 0,29 \right] \quad (5)$$

При этом длина $x_{св}$ сверхзвукового участка струи может быть определена в зависимости от числа Маха $Mo = v_0/c_0$ в ее начальном сечении по эмпирической формуле (см. Теория турбулентных струй /Абрамович Г.Н. и др. - М.: Наука, 1984):

$$\frac{x_{св}}{2R_0} = 10,7 Mo (Mo - 1) + 16,7, \quad (6)$$

которая получена на основании статистической обработки соответствующих экспериментальных данных. Подставляя соотношение (6) в (5) и выбирая скорость $v = v_{ср}$, при которой происходит отрыв пламени (см. (2)), можно найти расстояние x_0 , на котором скорость струи уменьшается до значения, соответствующего $v_{ср}$ (минимально необходимой дальностью):

$$x_0 = 2 \sqrt{\frac{\dot{m}}{\pi \rho_0 v_0}} \left[(10,7 Mo (Mo - 1) + 16,7) + \frac{1}{a} \left[\frac{0,96v_0}{v_{ср}} - 0,29 \right] \right] \quad (7)$$

Здесь учтено, что

$$R_0 = \sqrt{\frac{\dot{m}}{\pi \rho_0 v_0}}$$

Соотношение (7) легко преобразуется к виду (1). Таким образом, выбор значения скорости истечения парогазовой смеси v_0 не меньше значения, удовлетворяющего соотношению (1), позволяет реализовать дальность струи, обеспечивающей с безопасного расстояния срыв пламени пожара. Расчет поля температур в струе по соотношениям работы (Теория турбулентных струй /Абрамович Г.Н. и др. - М.: Наука, 1984) в широком

диапазоне изменения реально варьируемых параметров позволил также установить, что на расстоянии $x_0 \geq 80-100$ м температура в струе всегда намного ниже точки воспламенения.

Примеры осуществления изобретения.

В случае мощного пожара, например газового фонтана с дебитом ≈ 3 млн. м³/сутки с диаметром начального сечения фонтана $d \approx 0,7$ м, скорость срыва факела, рассматриваемая по соотношению (2), составит $v_{ср} \approx 89$ м/с. При характерных значениях параметров $\rho_0 \approx 0,12$ кг/м³ (для паровоздушной смеси при температуре ≈ 2950 К и давлении ≈ 1 ат); $c_0 \approx 1415$ м/с; $x_0 \approx 130$ м; $\dot{m} \approx 45$ кг/с соотношению (1) удовлетворяет значение скорости $v_0 \approx 4250$ м/с, что соответствует числу Маха $M \approx 3$. Таким образом, выбирая скорость истечения смеси по условию $v_0 \geq 4250$ м/с, удастся обеспечить выполнение соотношения $M \geq 3$ (например, при $v_0 = 4950$ м/с $M = 3,5$). При этом температура в струе на расстоянии $x_0 \approx 130$ м не превысит 330 К, что значительно ниже температуры самовоспламенения (570-930 К) основных компонентов природного газа и нефтяных фракций.

Уменьшение начальной скорости v_0 транспортирующего потока (за счет уменьшения массового расхода \dot{m} до ≈ 10 кг/с) до значения ≈ 1560 м/с, соответствующего числу Маха $M \approx 1,1$, еще позволяет после срыва факела транспортировать в зону горения (на расстояние $x_0 \approx 130$ м) смесь инертного газа и хладагента со скоростью $v \approx 1-10$ м/с, не меньшей скорости конвективных течений в очаге пожара. При этом условии обеспечивается эффективное снижение температуры в зоне горения при наиболее экономном расходовании пожаротушающих средств.

Устройство работает следующим образом. Топливная смесь сжигается в зоне горения камеры сгорания 1 (см. фиг. 1, 2). Образующиеся в зоне горения топлива продукты сгорания формируют поток транспортирующего инертного газа, в который через форсунку 3 впрыскивается хладагент. После испарения хладагента смесь ускоряется в сопле Лавалья 2 до необходимой сверхзвуковой скорости истечения v_0 и транспортируется в зону пожара. Скорость истечения v_0 регулируется изменением массового расхода топливной смеси и хладагента одним из известных способов. С целью исключения влияния процесса испарения хладагента на процесс сгорания топлива камера сгорания может быть разделена

диафрагмой 4 в виде дозвуковой части сопла Лавала.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ тушения пожара газового и нефтяного фонтана, заключающийся в совместной струйной транспортировке инертного газа и капель хладагента в зону горения, *отличающийся* тем, что транспортирующий поток инертного газа струйного истечения разгоняют до сверхзвуковой скорости с числом Маха не менее 3 и срывают факел.

2. Способ по п.1, *отличающийся* тем, что капли хладагента преварительно до сверхзвукового ускорения транспортирующего потока инертного газа испаряют и смешивают с последним для образования парогазовой смеси.

3. Способ по п.1, *отличающийся* тем, что в транспортирующий поток инертного газа вводят частицы твердой фазы.

4. Способ по п.1 или 2, *отличающийся* тем, что значение скорости истечения парогазовой смеси v_n выбирают не меньшим значения v_0 , удовлетворяющего соотношению

$$\frac{10,7}{c_0^2} v_0^2 + \left[\frac{0,96}{2a v_{cp}} - \frac{10,7}{c_0} \right] v_0 - \frac{v_0}{2} \sqrt{\frac{F_0}{m}} v_0^{1/2} + \left[16,7 - \frac{0,29}{2a} \right] = 0,$$

где c_0 - скорость звука в смеси в начальном сечении струи;

$a = 0,076$ - коэффициент структуры турбулентной струи,

v_{cp} - минимальная скорость струи, обеспечивающая срыв факела;

x_0 - расстояние, на котором скорость струи уменьшается до значения, меньшего v_{cp} ;

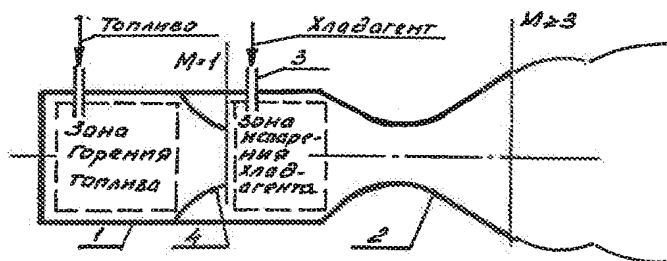
ρ_0 - плотность смеси в начальном сечении струи;

\dot{m} - массовый расход смеси.

5. Способ по п.1, *отличающийся* тем, что после срыва факела уменьшают начальную скорость транспортирующего потока инертного газа до значения, соответствующего числу Маха M , не меньшему 1,1.

6. Устройство тушения пожара газового и нефтяного фонтана, содержащее камеру сгорания и сопло Лавала, *отличающееся* тем, что камера сгорания выполнена в виде камеры сгорания ракетного двигателя с форсунками для подачи хладагента, которые расположены внутри камеры сгорания со стороны сопла вне зоны сгорания топлива.

7. Устройство по п.6, *отличающееся* тем, что камера сгорания выполнена с разделительной диафрагмой в виде дозвуковой части сопла Лавала, отделяющей зону сгорания топлива ракетного двигателя от форсунок хладагента.



Фиг. 2

Заказ 1321 Подписное

ФИПС, Рег. ЛР № 040921

121858, Москва, Бережковская наб., д.30, корп.1,

Научно-исследовательское отделение по
подготовке официальных изданий

Отпечатано на полиграфической базе ФИПС

121873, Москва, Бережковская наб., 24, стр.2

Отделение выпуска официальных изданий